

# PLASMA PROCESSOR

**Publication number:** JP2002299240 (A)

**Publication date:** 2002-10-11

**Inventor(s):** OMI TADAHIRO; HIRAYAMA MASAKI; SUGAWA SHIGETOSHI; GOTO TETSUYA

**Applicant(s):** OMI TADAHIRO; TOKYO ELECTRON LTD

**Classification:**

- **International:** H05H1/46; B01J19/08; C23C16/511; H01J37/32; H01L21/205; H01L21/302; H01L21/3065; H05H1/46; B01J19/08; C23C16/50; H01J37/32; H01L21/02; (IPC1-7): H01L21/205; B01J19/08; C23C16/511; H01L21/3065; H05H1/46

- **European:** H01J37/32H3B; H01J37/32D2; H01J37/32H3

**Application number:** JP20010094275 20010328

**Priority number(s):** JP20010094275 20010328

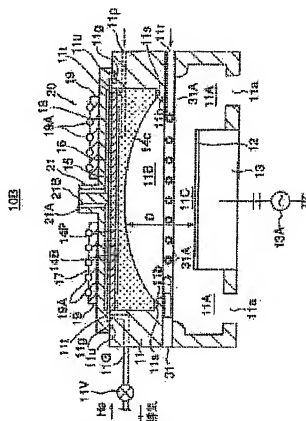
**Also published as:**

EP1376670 (A1)  
EP1376670 (A4)  
US2004094094 (A1)  
WO02080252 (A1)  
CN101005011 (A)

more >>

## Abstract of JP 2002299240 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To compensate the reduction of a plasma density on the periphery of a substrate processed by a microwave plasma processor. **SOLUTION:** A shower plate or a plasma permeable window facing a substrate to be processed has a concave surface facing the substrate.



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-299240

(P2002-299240A)

(43) 公開日 平成14年10月11日 (2002. 10. 11)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード*(参考)
H 0 1 L 21/205		H 0 1 L 21/205	4 G 0 7 5
B 0 1 J 19/08		B 0 1 J 19/08	H 4 K 0 3 0
C 2 3 C 16/511		C 2 3 C 16/511	5 F 0 0 4
H 0 1 L 21/3065		H 0 5 H 1/46	B 5 F 0 4 5
H 0 5 H 1/46		H 0 1 L 21/302	B
審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 13 頁)			

(21) 出願番号 特願2001-94275(P2001-94275)

(22) 出願日 平成13年3月28日(2001.3.28)

(71) 出願人 000205041

大見 忠弘

宮城県仙台市青葉区米ヶ袋2-1-17-301

(71) 出願人 000219967

東京エレクトロン株式会社

東京都港区赤坂5丁目3番6号

(72) 発明者 大見 忠弘

宮城県仙台市青葉区米ヶ袋2-1-17-301

(74) 代理人 100070150

弁理士 伊東 忠彦

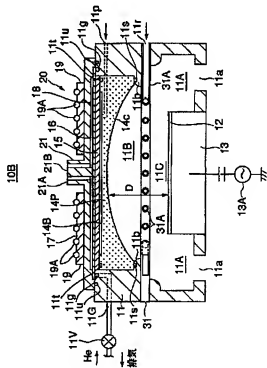
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57) 【要約】

【課題】 マイクロ波プラズマ処理装置において、被処理基板周辺部でのプラズマ密度の低下を補償する。

【解決手段】 被処理基板に対面するシャワープレートあるいはプラズマ透過窓の、前記被処理基板に対面する側を凹面形状とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 外壁により画成され、被処理基板を保持する保持台を備えた処理容器と、前記処理容器に結合された排気系と、前記処理容器上に、前記保持台上の被処理基板に対面するように、前記外壁の一部として設けられたマイクロ波透過窓と、前記処理容器中にプラズマガスを供給するプラズマガス供給部と、前記処理容器上に、前記マイクロ波に対応して設けられたマイクロ波アンテナとよりなり、前記マイクロ波透過窓は、前記被処理基板と対面する側の内面が、前記被処理基板表面に一致する平面との間の間隔が、前記マイクロ波透過窓の径方向外側に向かって減少する凹面形状を有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 2】 前記間隔は、前記マイクロ波透過窓の径方向外側に向かって連続的に減少することを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3】 前記間隔は、前記マイクロ波透過窓の径方向外側に向かって徐々に減少することを特徴とする請求項 2 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 4】 前記間隔は、前記マイクロ波透過窓の径方向外側に向かって直線的に減少することを特徴とする請求項 2 または 3 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 5】 前記間隔は、前記マイクロ波透過窓の径方向外側に向かって非直線的に減少することを特徴とする請求項 2 または 3 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 6】 前記間隔は、前記マイクロ波透過窓の径方向外側に向かって階段状に減少することを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 7】 前記間隔は、前記マイクロ波透過窓の間辺部においてのみ、前記マイクロ波透過窓の径方向外側に向かって減少することを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 8】 前記マイクロ波透過窓は、前記内面に対向する外面が、平坦面よりなることを特徴とする請求項 1～7 のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置。

【請求項 9】 前記マイクロ波透過窓は、内部にプラズマガス通路を有し、前記処理容器中にプラズマガスを放出する前記プラズマガス供給部を構成することを特徴とする請求項 1～8 のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置。

【請求項 10】 前記マイクロ波透過窓は、前記プラズマガス通路に連通する複数の開口部を有することを特徴とする請求項 9 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 11】 マイクロ波透過窓は、前記処理容器の外壁の一部を構成するカバープレートと、前記カバープレートに密接して設けられ、前記プラズマガス通路とこれに連通する複数の開口部とを有するシャワープレート

よりなることを特徴とする請求項 10 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 12】 前記マイクロ波透過窓は密着なセラミックよりなることを特徴とする請求項 10 または 11 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 13】 前記マイクロ波透過窓は、多孔質媒体より構成されることを特徴とする請求項 9 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 14】 前記マイクロ波透過窓は、前記処理容器の一部を構成するカバープレートと、前記カバープレートに密接して設けられた多孔質媒体よりなるシャワープレートとよりなることを特徴とする請求項 9 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 15】 前記多孔質媒体は、焼結セラミックよりなることを特徴とする請求項 13 または 14 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 16】 前記プラズマガス供給部は、前記処理容器外壁に形成された、プラズマガス源に接続可能な管よりなることを特徴とする請求項 1～8 のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置。

【請求項 17】 前記マイクロ波透過窓は、密着なセラミックよりなることを特徴とする請求項 16 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 18】 さらに、前記被処理基板と前記プラズマガス源との間に、処理ガス供給部を設けたことを特徴とする請求項 1～17 のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置。

【請求項 19】 前記処理ガス供給部は、プラズマを通過させるプラズマ通路と、処理ガス源に接続可能な処理ガス通路と、前記処理ガス通路に連通した多数のノズル開口部とを有することを特徴とする請求項 18 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 20】 さらに前記保持台に接続された高周波電源を含むことを特徴とする請求項 1～19 のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置。

【請求項 21】 前記マイクロ波アンテナはラジアルラインスロットアンテナよりなることを特徴とする請求項 1～20 のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は一般にプラズマ処理装置に係わり、特にマイクロ波プラズマ処理装置に関する。

【0002】プラズマ処理工程およびプラズマ処理装置は、近年のいわゆるディープサブミクロン素子あるいはディープサブクォーターミクロン素子と呼ばれる、 $0.1 \mu\text{m}$  に近い、あるいはそれ以下のゲート長を有する超微細化半導体装置の製造や、液晶表示装置を含む高解像度平面表示装置の製造にとって、不可欠の技術である。

3

【0003】半導体装置や液晶表示装置の製造に使われるプラズマ処理装置としては、従来より様々なプラズマの励起方式が使われているが、特に平行平板型高周波励起プラズマ処理装置あるいは誘導結合型プラズマ処理装置が一般的である。しかしこれら従来のプラズマ処理装置は、プラズマ形成が不均一であり、電子密度の高い領域が限定されているため大きな処理速度すなわちスループットで被処理基板全面にわたり均一なプロセスを行うのが困難である問題点を有している。この問題は、特に大径の基板を処理する場合に深刻にあらわれる。しかもこれら従来のプラズマ処理装置では、電子温度が高いため被処理基板上に形成される半導体素子にダメージが生じ、また処理室壁のスパッタリングによる金属汚染が大きいため、いくつかの本質的な問題を有している。このため、従来のプラズマ処理装置では、半導体装置や液晶表示装置のさらなる微細化およびさらなる生産性の向上に対する厳しい要求を満たすことが困難になつてくる。

【0004】一方、従来より直流磁場を用いずにマイクロ波電界により励起された高密度プラズマを使うマイクロ波プラズマ処理装置が提案されている。例えば、均一なマイクロ波を発生するように配列された多数のスロットを有する平面状のアンテナ（ラジアルラインスロットアンテナ）から処理容器内にマイクロ波を放射し、このマイクロ波電界により真空容器内のガスを電離してプラズマを励起させる構成のプラズマ処理装置が提案されている。例えば特開平9-63793公報を参照。このような手法で励起されたマイクロ波プラズマではアンテナ直下の広い領域にわたって高いプラズマ密度を実現でき、短時間で均一なプラズマ処理を行うことが可能である。しかもかかる手法で形成されたマイクロ波プラズマではマイクロ波によりプラズマを励起するため電子温度が低く、被処理基板のダメージや金属汚染を回避することができる。さらに大面積基板上にも均一なプラズマを容易に励起できるため、大径半導体基板を使った半導体装置の製造工程や大型液晶表示装置の製造にも容易に対応できる。

【0005】

【従来の技術】図1(A)、(B)は、かかるラジアルラインスロットアンテナを使った従来のマイクロ波プラズマ処理装置100の構成を示す。ただし図1(A)はマイクロ波プラズマ処理装置100の断面図で、また図1(B)はラジアルラインスロットアンテナの構成を示す図である。

【0006】図1(A)を参照するに、マイクロ波プラズマ処理装置100は複数の排気ポート116から排気される処理室101を有し、前記処理室101中には被処理基板114を保持する保持台115が形成されている。前記処理室101の均一な排気を実現するため、前記保持台115の周囲にはリング状に空間101Aが形成されており、前記複数の排気ポート116を前記空間

4

101Aに連通するように等間隔で、すなわち被処理基板に対して軸対称に形成することにより、前記処理室101を前記空間101Aおよび排気ポート116を介して均一に排気することができる。

【0007】前記処理室101上には、前記保持台115上の被処理基板114に対応する位置に、前記処理室101の外壁の一部として、低損失誘電体より多数の開口部107を形成された板状のシャワープレート103がシールリング109を介して形成されており、さらに前記シャワープレート103の外壁に同じく低損失誘電体よりなるカバープレート102が、別のシールリング108を介して設けられている。

【0008】前記シャワープレート103にはその上面にプラズマガスの通路104が形成されており、前記複数の開口部107の各々は前記プラズマガス通路104に連通するように形成されている。さらに、前記シャワープレート103の内部には、前記処理容器101の外壁に設けられたプラズマガス供給ポート105に連通するプラズマガスの供給通路108が形成されており、前記プラズマガス供給ポート105に供給されたArやKr等のプラズマガスは、前記供給通路108から前記通路104を介して前記開口部107に供給され、前記開口部107から前記処理容器101内部の前記シャワープレート103直下の空間101Bに、実質的に一様な濃度で放出される。

【0009】前記処理容器101上には、さらに前記カバープレート102の外側に、前記カバープレート102から4~5mm離間して、図1(B)に示す放射面を有するラジアルラインスロットアンテナ110が設けられている。前記ラジアルラインスロットアンテナ110は外部のマイクロ波源（図示せず）に同軸導波管110Aを介して接続されており、前記マイクロ波源からのマイクロ波により、前記空間101Bに放出されたプラズマガスを容易にする。前記カバープレート102とラジアルラインスロットアンテナ110の放射面との間の隙間は大気により充填されている。

【0010】前記ラジアルラインスロットアンテナ110は、前記同軸導波管110Aの外側導波管に接続された平坦なディスク状のアンテナ本体110Bと、前記アンテナ本体110Bの開口部に形成された、図1(B)に示す多数のスロット110aおよびこれに直交する多数のスロット110bを形成された放射板110Cとよりなり、前記アンテナ本体110Bと前記放射板110Cとの間には、厚さが一定の誘電体板よりなる導相板110Dが挿入されている。

【0011】かかる構成のラジアルラインスロットアンテナ110では、前記同軸導波管110Aから給電されたマイクロ波は、前記ディスク状のアンテナ本体110Bと放射板110Cとの間を、半径方向に広がりながら進行するが、その際に前記導相板110Dの作用により波

5

長が圧縮される。そこで、このようにして半径方向に進行するマイクロ波の波長に対応して前記スロット110および110bを同心円状に、かつ相互に直交するように形成しておくことにより、円偏波を有する平面波を前記放射板110Cに実質的に垂直な方向に放射することができる。

【0012】かかるラジアルラインスロットアンテナ110を使うことにより、前記シャワープレート103直下の空間101Bに均一な高密度プラズマが形成される。このようにして形成された高密度プラズマは電子温度が低く、そのため被処理基板114にダメージが生じることがなく、また処理容器101の壁部のスパッタリングに起因する金属汚染が生じることもない。

【0013】図1のプラズマ処理装置100では、さらに前記処理容器101中、前記シャワープレート103と被処理基板114との間に、外部の処理ガス源（図示せず）から前記処理容器101中に形成された処理ガス通路112を介して処理ガスを供給する多数のノズル113を形成された導体構造物111が形成されており、前記ノズル113の各々は、供給された処理ガスを、前記導体構造物111と被処理基板114との間の空間101Cに放出する。前記導体構造物111には、前記隣接するノズル113と113との間に、前記空間101Bにおいて形成されたプラズマを前記空間101Bから前記空間101Cに拡散により、効率よく通過させるような大きさの開口部が形成されている。

【0014】そこで、このように前記導体構造物111から前記ノズル113を介して処理ガスを前記空間101Cに放出した場合、放出された処理ガスは前記空間101Bにおいて形成された高密度プラズマにより励起され、前記被処理基板114上に、一様なプラズマ処理が、効率のかつ高速に、しかも基板および基板上の素子構造を損傷させることなく、また基板を汚染することなく行われる。一方前記ラジアルラインスロットアンテナ110から放射されたマイクロ波は、かかる導体構造物111により阻止され、被処理基板114を損傷させることはない。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】ところで図1(A)、(B)の従来のプラズマ処理装置100では、前記シャワープレート103と被処理基板114との間の間隔が狭いため、前記空間101Bおよび101Cにはシャワープレート103の径方向への連続的な安定なプラズマ流が形成され、前記被処理基板114が大口径基板であっても非常に均一なプラズマ処理が可能になるが、一方で前記処理容器101内の圧力が低下した場合、特にシャワープレート103の周辺部においてプラズマ密度が低下しやすい問題が生じる。例えば処理容器101内の圧力がA: 雰囲気中で300mTorr以下に低下した場合、シャワープレート103の周辺部においてプラズ

6

マ密度が大きく低下する。これは処理容器101内の圧力が低下した場合、解離した電子の拡散が促進され、処理容器101の内壁面で消滅することに起因するものと考えられる。プラズマのカットオフ密度は $7.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ であるため、プラズマ密度がかかるカットオフ密度以下に低下するとプラズマを維持することができなくなる。かかるシャワープレート103周辺部におけるプラズマ密度の低下は、処理速度の低下を招くだけでなく、マイクロ波が被処理基板114に直接に印加されてしまい、損傷を誘起してしまう問題を生じる。

【0016】そこで、本発明は従来の課題を解決した新規で有用なプラズマ処理装置を提供することを概括的課題とする。

【0017】本発明のより具体的な課題は、低い処理圧においても被処理基板表面全体にわたり均一な処理が可能なプラズマ処理装置を提供することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】本発明は上記の課題を、請求項1に記載したように、外壁により面成され、被処理基板を保持する保持台を備えた処理容器と、前記処理容器に結合された排気系と、前記処理容器上に、前記保持台上の被処理基板に対面するように、前記外壁の一部として設けられたマイクロ波透過窓と、前記処理容器中にプラズマガスを供給するプラズマガス供給部と、前記処理容器上に、前記マイクロ波に対応して設けられたマイクロ波アンテナとよりなり、前記マイクロ波透過窓は、前記被処理基板と対面する側の内面が、前記被処理基板表面に一致する平面との間の間隔が、前記マイクロ波透過窓の径方向外側に向って減少する凹面形状を有することを特徴とするプラズマ処理装置により、または請求項2に記載したように、前記間隔は、前記マイクロ波透過窓の径方向外側に向って連続的に減少することと特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置により、または請求項3に記載したように、前記間隔は、前記マイクロ波透過窓の径方向外側に向って滑らかに減少することと特徴とする請求項2記載のプラズマ処理装置により、または請求項4に記載したように、前記間隔は、前記マイクロ波透過窓の径方向外側に向って直線的に減少することと特徴とする請求項2または3記載のプラズマ処理装置により、または請求項5に記載したように、前記間隔は、前記マイクロ波透過窓の径方向外側に向って前直線的に減少することと特徴とする請求項2または3記載のプラズマ処理装置により、または請求項6に記載したように、前記間隔は、前記マイクロ波透過窓の径方向外側に向って階段状に減少することと特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置により、または請求項7に記載したように、前記間隔は、前記マイクロ波透過窓の周辺部においてのみ、前記マイクロ波透過窓の径方向外側に向って減少することと特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置により、または請求項8に記載したように、

前記マイクロ波透過窓は、前記内面に対向する外面が平坦面よりなることを特徴とする請求項1~7のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置により、または請求項9に記載したように、前記マイクロ波透過窓は、内部にプラズマガス通路を有し、前記処理容器中にプラズマガスを放出する前記プラズマガス供給部を構成することを特徴とする請求項1~8のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置により、または請求項10に記載したように、前記マイクロ波透過窓は、前記プラズマガス通路に連通する複数の開口部を有することを特徴とする請求項9記載のプラズマ処理装置により、または請求項11に記載したように、マイクロ波透過窓は、前記処理容器の外壁の一部を構成するカバープレートと、前記カバープレートに密接して設けられ、前記プラズマガス通路とこれに連通する複数の開口部とを有するシャワープレートよりなることを特徴とする請求項9記載のプラズマ処理装置により、または請求項12に記載したように、前記マイクロ波透過窓は緻密なセラミックよりなることを特徴とする請求項8または11記載のプラズマ処理装置により、または請求項13に記載したように、前記マイクロ波透過窓は、多孔質媒体より構成されることを特徴とする請求項9記載のプラズマ処理装置により、または請求項14に記載したように、前記マイクロ波透過窓は、前記処理容器の一部を構成するカバープレートと、前記カバープレートに密接して設けられた多孔質媒体よりなるシャワープレートよりなることを特徴とする請求項9記載のプラズマ処理装置により、または請求項15に記載したように、前記多孔質媒体は、焼結セラミックよりなることを特徴とする請求項13または14記載のプラズマ処理装置により、または請求項16に記載したように、前記プラズマガス供給部は、前記処理容器外壁に形成された、プラズマガス源に接続可能な管よりなることを特徴とする請求項1~8のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置により、または請求項17に記載したように、前記マイクロ波透過窓は、緻密なセラミックよりなることを特徴とする請求項16記載のプラズマ処理装置により、または請求項18に記載したように、さらに、前記被処理基板と前記プラズマガス源との間に、処理ガス供給部を設けたことを特徴とする請求項1~17のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置により、または請求項19に記載したように、前記処理ガス供給部は、プラズマを通過させるプラズマ通路と、処理ガス源に接続可能な処理ガス通路と、前記処理ガス通路に連通した多数のノズル開口部とを有することを特徴とする請求項18記載のプラズマ処理装置により、または請求項20に記載したように、さらに前記保持台に接続された高周波電源を含むことを特徴とする請求項1~19のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置により、または請求項21に記載したように、前記マイクロ波アンテナはラジアルラインスロットアンテナよりな

ることを特徴とする請求項1~20のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置により、解決する。

【作用】本発明によれば、前記シャワープレートの被処理基板に対面する側に凹面を形成することにより、被処理基板周辺部において高密度プラズマが形成されるシャワープレート下面と被処理基板表面との間の間隔が減少し、シャワープレート周辺部におけるプラズマ密度の低下が補償される。その結果、エッチングなど低圧におけるプラズマ処理を行った場合にも被処理基板表面近傍において安定で均一なプラズマが維持される。またかかる構成により、プラズマの着火も促進される。かかる凹面形成によるプラズマの安定化は、被処理基板とプラズマガス供給部の間に処理ガス供給部を設けた構成のみならず、処理ガス供給部を省略した構成に対しても適用可能である。

【0019】かかる凹面を有するシャワープレートとしては、プラズマガス通路とこれに連通した多数の開口部を形成された緻密なセラミック部材を使うことが可能であるが、前記緻密なセラミック部材の代わり多孔質セラミック部材を使うことも可能である。これらのシャワープレートは、処理容器外壁の一部をなしプラズマ透過窓を構成する緻密なカバープレートに密接して設けられるが、本発明においてはさらにマイクロ波透過窓自体に前記凹部を形成し、プラズマガスを別途、シャワープレートを使わずに、管などにより前記処理室中へ導入することも可能である。

【0020】本発明によるシャワープレートあるいはマイクロ波透過窓では、前記凹面をなす内面に対向する外面が平坦面であると、マイクロ波アンテナとの密着が容易に確保でき、アンテナを介したシャワープレートの冷却が可能となるため有利である。

【0021】

【発明の実施の形態】【第1実施例】図2(A)、(B)は、本発明の第1実施例によるマイクロ波プラズマ処理装置10の構成を示す。

【0022】図2(A)を参照すると、前記マイクロ波プラズマ処理装置10は処理容器11と、前記処理容器11内に設けられ、被処理基板12を静電チャックにより保持する好ましくは熱間等方圧加圧法(HIP)により形成されたAINもしくは $Al_2O_3$ よりなる保持台13を含む。前記処理容器11内には前記保持台13を囲む空間11Aに等間隔に、すなわち前記保持台13上の被処理基板12に対して略軸対称な間隔で少なくとも二箇所、好ましくは三箇所以上に排気ポート11aが形成されている。前記処理容器11は、かかる排気ポート11aを介して不等ピッチ不等傾角スクリュエポンプ等により、排気・減圧される。

【0023】前記処理容器11は好ましくはAlを含有するオーステナイトステンレス鋼よりなり、内壁面には酸化处理により酸化アルミニウムよりなる保護膜が形成

されている。また前記処理容器11の外壁のうち前記被処理基板12に対応する部分には、HIP法により形成された緻密な $Al_2O_3$ よりなり多数のノズル開口部14Aを形成されたディスク状のシャワープレート14が、前記外壁の一部として形成される。かかるHIP法により形成された $Al_2O_3$ シャワープレート14は $Y_2O_3$ を焼結助剤として使って形成され、気孔率が0.03%以下で実質的に気孔やピンホールを含んでおらず、30W/m<sup>2</sup>・Kに達する、セラミックとしては非常に大きな熱伝導率を有する。

【0024】前記シャワープレート14は前記処理容器11上にシールリング11sを介して装着され、さらに前記シャワープレート14上には同様なHIP処理により形成された緻密な $Al_2O_3$ よりなるカバープレート15が、シールリング11tを介して設けられている。前記シャワープレート14の前記カバープレート15と接する側には前記ノズル開口部14Aの各々に連通したプラズマガス流路となる凹部14Bが形成されており、前記凹部14Bは前記シャワープレート14の内部に形成され、前記処理容器11の外壁に形成されたプラズマガス入口11pに連通する別のプラズマガス流路14Cに連通している。

【0025】前記シャワープレート14は前記処理容器11の内壁に形成された張り出し部11bにより保持されており、前記張り出し部11bのうち、前記シャワープレート14を保持する部分には異常放電を抑制するために丸みが形成されている。

【0026】そこで、前記プラズマガス入口11pに供給されたArやKr等のプラズマガスは前記シャワープレート14内部の流路14Cおよび14Bを順次通過した後、前記開口部14Aを介して前記シャワープレート14直下の空間11B中に一様に供給される。

【0027】前記カバープレート15上には、前記カバープレート15に密接し図3(B)に示す多数のスロット16a、16bを形成されたディスク状のスロット板16と、前記スロット板16を保持するディスク状のアンテナ本体17と、前記スロット板16と前記アンテナ本体17との間に挟持された $Al_2O_3$ 、 $Si_3N_4$ 、 $SiON$ あるいは $SiO_2$ 等の低損失誘電体材料よりなる選相板18とにより構成されたラジアルラインスロットアンテナ20が設けられている。前記ラジアルラインアンテナ20は前記処理容器11上にシールリング11uを介して装着されており、前記ラジアルラインスロットアンテナ20には矩形あるいは円形断面を有する同軸導波管21を介して外部のマイクロ波源(図示せず)より周波数が2.45GHzあるいは8.3GHzのマイクロ波が供給される。供給されたマイクロ波は前記スロット板16上のスロット16a、16bから前記カバープレート15およびシャワープレート14を介して前記処理容器11中に放射され、前記シャワープレ-

ート14直下の空間11Bにおいて、前記開口部14Aから供給されたプラズマガス中にプラズマを励起する。その際、前記カバープレート15およびシャワープレート14は $Al_2O_3$ により形成されており、効率的なマイクロ波透過窓として作用する。その際、前記プラズマガス流路14A~14Cにおいてプラズマが励起されるのを回避するため、前記プラズマガスは、前記流路14A~14Cにおいて約6666Pa~13332Pa(約50~100Torr)の圧力に保持される。

【0028】前記ラジアルラインスロットアンテナ20と前記カバープレート15との密着性を向上させるため、本実施例のマイクロ波プラズマ処理装置10では前記スロット板16に係合する前記処理容器11の上面の一部にリング状の溝11gが形成されており、かかる溝11gを、これに連通した排気ポート11gを介して排気することにより、前記スロット板16とカバープレート15との間に形成された隙間を減圧し、大気圧により、前記ラジアルラインスロットアンテナ20を前記カバープレート15にしっかりと押し付けることが可能になる。かかる隙間には、前記スロット板16に形成されたスロット16a、16bが含まれるが、それ以外にもカバープレート15表面の微細な凹凸など様々な理由により隙間が形成されることがある。かかる隙間は、前記ラジアルラインスロットアンテナ20と処理容器11との間のシールリング11uにより封止されている。

【0029】さらに前記排気ポート11gおよび溝15gを介して前記スロット板16と前記カバープレート15との間の隙間に分子量の小さい不活性気体を充填することにより、前記カバープレート15から前記スロット板16への熱の輸送を促進することができる。かかる不活性気体としては、熱伝導率が大きくしかもイオン化エネルギーの高いHeを使うのが好ましい。前記隙間にHeを充填する場合には、0.8気圧程度の圧力に設定するのが好ましい。図3の構成では、前記溝15gの排気および溝15gへの不活性気体の充填のため、前記排気ポート11gにバルブ11vが接続されている。

【0030】前記同軸導波管21Aのうち、外側の導波管21Aは前記ディスク状のアンテナ本体17に接続され、中心導体21Bは、前記選相板18に形成された開口部を介して前記スロット板16に接続されている。そこで前記同軸導波管21Aに供給されたマイクロ波は、前記アンテナ本体17とスロット板16との間を径方向に進行しながら、前記スロット16a、16bより放射される。

【0031】図2(B)は前記スロット板16上に形成されたスロット16a、16bを示す。

【0032】図2(B)を参照すると、前記スロット16aは同心円状に配列されており、各々のスロット16aに対応して、これに直行するスロット16bが同じく同心円状に形成されている。前記スロット16a、16

11

bは、前記スロット板16の半径方向に、前記遅延板18により圧縮されたマイクロ波の波長に対応した間隔で形成されており、その結果マイクロ波は前記スロット板16から略平面波となって放射される。その際、前記スロット16aおよび16bを相互の直交する関係で形成しているため、このようにして放射されたマイクロ波は、二つの直交する偏波成分を含む円偏波を形成する。

【0033】本実施例のプラズマ処理装置10では、前記シャワープレート14の前記被処理基板12に対面する側の表面が凹面形状の湾曲面を形成しており、その結果前記シャワープレート14と被処理基板12の表面に一致する平面との間の間隔Dが、前記シャワープレート14の半径方向上外方に向って徐々に減少する。すなわち前記凹面形状は軸対称な曲面により形成されており、前記間隔Dが前記被処理基板12の周辺部において減少するため、かかる被処理基板周辺部におけるプラズマ密度の低下の問題が解消される。

【0034】これにより、前記プラズマ処理装置10ではドライエッチングなど、低圧環境化で行う必要のあるプラズマ処理を行ってもプラズマ密度がカットオフ密度以下に低下することがなく、プラズマが安定に維持され、被処理基板12周辺部におけるプラズマの消滅やマイクロ波による基板の損傷、あるいは処理速度の低下などの問題を回避することができる。

【0035】さらに図2(A)のプラズマ処理装置10では、前記アンテナ本体17上に、冷却通路19Aを形成された冷却ブロック19が形成されており、前記冷却ブロック19を前記冷却水通路19A中の冷却水により冷却することにより、前記シャワープレート14に蓄積された熱を、前記ラジアルラインスロットアンテナ20を介して吸収する。前記冷却水通路19Aは前記冷却ブロック19上においてスパイラル状に形成されており、好ましくはH<sub>2</sub>ガスをバブリングすることで溶存酸素を排除して且つ酸化還元電位を抑制した冷却水が通される。

【0036】また、図2(A)のマイクロ波プラズマ処理装置10では、前記処理容器11中、前記シャワープレート14と被処理基板12との間に、前記処理容器11の外壁に設けられた処理ガス注入口11rから処理ガスを供給されこれを多数の処理ガスノズル開口部31B(図3参照)から放出する格子状の処理ガス通路31Aを有する処理ガス供給構造31が設けられ、前記処理ガス供給構造31と前記被処理基板12との間の空間11Cにおいて、所望の均一な基板処理がなされる。かかる基板処理には、プラズマ酸化処理、プラズマ窒化処理、プラズマ酸化窒化処理、プラズマCV処理等が含まれる。また、前記処理ガス供給構造31から前記空間11CにC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>、C<sub>6</sub>F<sub>8</sub>またはC<sub>4</sub>F<sub>6</sub>などの解離しやすいフルオロカーボンガスや、F系あるいはC<sub>1</sub>系等のエッチングガスを供給し、前記保持台

12

13に高周波電源13Aから高周波電圧を印加することにより、前記被処理基板12に対して反応性イオンエッチングを行うことが可能である。

【0037】本実施例によるマイクロ波プラズマ処理装置10では、前記処理容器11の外壁は150°C程度の温度に加熱しておくことにより、処理容器内壁への反応副生成物等の付着が回避され、一日に一回程度のドライクリーニングを行うことで、定常的に、安定して運転することが可能である。

10 【0038】図4は、図2(A)の構成における処理ガス供給構造31の構成を示す断面図である。

【0039】図4を参照するに、前記処理ガス供給構造31は例えばMgを含んだAl合金やAl添加ステンレスチール等の導電体より構成されており、前記格子状処理ガス通路31Aは前記処理ガス注入口11rに処理ガス供給ポート31Rにおいて接続され、下面形成された多数の処理ガスノズル開口部31Bから処理ガスを前記空間11Cに均一に放出する。また、前記処理ガス供給構造31には、隣接する処理ガス通路31Aの間にプラズマやプラズマ中に含まれる処理ガスを通過させる開口部31Cを形成されている。前記処理ガス供給構造31をMg含有Al合金により形成する場合には、表面に酸化膜を形成しておくのが好ましい。また前記処理ガス供給構造31をAl添加ステンレスチールにより形成する場合には、表面に酸化アルミニウムの不動態膜を形成しておくのが望ましい。本発明によるプラズマ処理装置10では、励起される励起されるプラズマ中の電子温度が低いためプラズマの入射エネルギーが小さく、かかる処理ガス供給構造31がスパッタリングされて被処理基板12に金属汚染が生じる問題が回避される。前記処理ガス供給構造31は、アルミ等のセラミックスにより形成することも可能である。

【0040】前記格子状処理ガス通路31Aおよび処理ガスノズル開口部31Bは図4に破線で示した被処理基板12よりもやや大きい領域をカバーするように設けられている。かかる処理ガス供給構造31を前記シャワープレート14と被処理基板12との間に設けることにより、原料ガスやエッチングガスなどの処理ガスをプラズマ励起し、かかるプラズマ励起された処理ガスにより、均一に処理することが可能になる。

【0041】前記処理ガス供給構造31を金属等の導体により形成する場合には、前記格子状処理ガス通路31A相互の間隔を前記マイクロ波の波長よりも短く設定することにより、前記処理ガス供給構造31はマイクロ波の短絡面を形成する。この場合にはプラズマのマイクロ波励起は前記空間11B中においてのみ生じ、前記被処理基板12の表面を含む空間11Cにおいては前記励起空間11Bから拡散してきたプラズマにより、処理ガスが活性化される。

【0042】本実施例によるマイクロ波プラズマ処理装



僅10では、処理ガス供給構造31を使うことにより処理ガスの供給が一樣に制御されるため、処理ガスの被処理基板12表面における過剰解離の問題を解消することができ、被処理基板12の表面にアスペクト比の大きい構造が形成されている場合でも、所望の基板処理を、かかる高アスペクト構造の奥にまで実施することが可能である。すなわち、マイクロ波プラズマ処理装置10は、設計ルールの異なる多数の世代の半導体装置の製造に有効である。

【0043】図5のプラズマ処理装置10Bでは、前記処理ガス供給構造13から様々な酸化ガスや窒化ガス、原料ガスやエッチングガスを導入することにより、前記被処理基板12の表面の全面に、前記被処理基板12が大口径基板であっても様々な高品質膜を低温で、均一に堆積し、あるいは前記表面を均一にエッチングすることが可能である。

【0044】図4は、前記シャワープレート14の様々な変形例によるシャワープレート141~144の構成を示す。

【0045】図4を参照するに、前記シャワープレート141は前記被処理基板12に対面する側に円錐形状の凹面を有するのに対し、前記シャワープレート142は円錐台形状の凹面を有するのかわかる。さらに前記シャワープレート143では円形の凹部が段差形状を形成しており、前記シャワープレート144では複数の段差形状凹部が形成されている。これらの凹部はいずれも前記シャワープレートの中心軸に対して軸対称に形成されており、前記中心軸の回りでも均一な処理が保証される。

【第2実施例】図5は、本発明の第2実施例によるプラズマ処理装置10Aの構成を示す。ただし図5中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0046】図5を参照するに、プラズマ処理装置10Aは前記プラズマ処理装置10と類似した構成を有し、前記被処理基板12とシャワープレート14との間隔Dが、前記シャワープレート14の半径方向上外方に向って減少するが、前記プラズマ処理装置10Aでは前記処理ガス供給部13が撤去されている。

【0047】かかる構成のプラズマ処理装置10Bでは、前記下段シャワープレート31が省略されているためプラズマガスとは別に処理ガスを供給して成膜やエッチングを行うことはできないが、前記シャワープレート14からプラズマガスとともに酸化ガスあるいは窒化ガスを供給することにより、被処理基板表面に酸化膜や窒化膜、あるいは酸窒化膜を形成することが可能である。本実施例のプラズマ処理装置10Aでは、構成が簡略化され、製造費用を大きく低減することが可能である。

【0048】本実施例においても、前記間隔Dが被処理基板12の周辺部において減少するため、被処理基板12周辺部におけるプラズマ密度の低下が補償され、プラ

ズマが安定に維持され、被処理基板12周辺部におけるプラズマの消滅やマイクロ波による基板の損傷、あるいは処理速度の低下などの問題を回避することができる。

【0049】図5のプラズマ処理装置10Aでは、特に被処理基板12の酸化処理や窒化処理、酸窒化処理などを、前記被処理基板が大口径基板であっても、低温で、効率的に、しかも均一に、安い費用で行うことが可能である。

【0050】本実施例においても、前記シャワープレート14の代わりに図4で説明したシャワープレート141~143を使うことが可能である。

【第3実施例】図6は本発明の第3実施例によるプラズマ処理装置10Bの構成を示す。ただし図6中、先に説明した部分に対応する部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0051】図6を参照するに、本実施例においては前記シャワープレート14の代わりに焼結アルミナなど、多孔質セラミックよりなるシャワープレート14Pを使う。

【0052】前記シャワープレート14P中にはシャワープレート14中におけるようなシャワー開口部14Aは形成されていないが、プラズマガス供給ポート11Pに接続されたプラズマガス供給路14Cおよび14Bが形成されており、供給されたプラズマガスは、前記プラズマガス供給路14Bから前記多孔質シャワープレート14P中の穴孔を通して、前記空間11Bへと、一樣に放出される。

【0053】本実施例においても、前記シャワープレート14Pの下面は軸対称な凹面を形成し、前記下面と被処理基板12の表面との間隔Dは、被処理基板12の周辺部に向って減少する。このため、図6の構成においては前記被処理基板12の周辺部におけるプラズマ密度の低下が補償され、プラズマが安定に維持され、被処理基板12周辺部におけるプラズマの消滅やマイクロ波による基板の損傷、あるいは処理速度の低下などの問題を回避することができる。

【0054】図6のプラズマ処理装置10Bでは、前記処理ガス供給構造13から様々な酸化ガスや窒化ガス、原料ガスやエッチングガスを導入することにより、前記被処理基板12の表面の全面に様々な高品質膜を低温で、均一に堆積し、あるいは前記表面を均一にエッチングすることが可能である。

【0055】本実施例においても、前記多孔質シャワープレート14Pの凹面として、図4に示した様々な凹面を形成することができる。

【第4実施例】図7は、本発明の第4実施例によるプラズマ処理装置10Cの構成を示す。ただし図7中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0056】図7を参照するに、本実施例のプラズマ処

理装置10Cは、先のプラズマ処理装置10Bと同様な構成を有するが、前記下段シャワープレート31が撤去されている。また、前記シャワープレート14を保持する前記張り出し部11bの全面に丸みが生じられている。

【0057】かかる構成のプラズマ処理装置10Cでは、前記下段シャワープレート31が省略されているためプラズマガスとは別に処理ガスを供給して成膜やエッチングを行うことはできないが、前記シャワープレート14からプラズマガスとともに酸化ガスあるいは窒化ガスを供給することにより、被処理基板表面に酸化膜や窒化膜、あるいは酸窒化膜を形成することが可能である。

【0058】本実施例においても、前記シャワープレート14Pの下面は軸対称な凹面を形成し、前記下面と被処理基板12の表面との間の間隔Dは、被処理基板12の周辺部に向かって減少する。このため、図7の構成においては前記被処理基板12の周辺部におけるプラズマ密度の低下が補償され、プラズマが安定に維持され、被処理基板12周辺部におけるプラズマの消滅やマイクロ波による基板の損傷、あるいは処理速度の低下などの問題を回避することができる。

【0059】図7のプラズマ処理装置10Cでは、特に被処理基板12の酸化処理や窒化処理、酸窒化処理などを、前記被処理基板が大口径基板であっても、低温で、効率的に、しかも均一に、安い費用で行うことが可能である。

【0060】本実施例のシャワープレート14Pにおいても、図4に示した様々な凹面を使うことができる。

【第5実施例】図8は、本発明の第5実施例によるプラズマ処理装置10Dの構成を示す。ただし図8中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0061】図8を参照するに、実施例においては図6の実施例における多孔質シャワープレート14Pおよびカバープレート15が撤去され、かわりに前記被処理基板12に對面する側に凹面を有する微凸なセラミックよりなるマイクロ波透過窓14Qが設けられる。前記マイクロ波透過窓14は、誘電損失の少ない材料、例えばHIP処理したアルミナなどにより形成することができる。

【0062】図8の構成では、前記マイクロ波透過窓14Qは前記カバープレート15の機能を果たすが、図6の実施例におけるプラズマガス通路14Cやこれに連通する開口部14Aは形成されておらず、別に処理容器11の外壁に、管11Pよりなるプラズマガス導入部が形成されている。また前記マイクロ波透過窓14Q上にはラジアルラインスロットアンテナ20が密接して設けられている。前記プラズマガス導入管11Pは、前記被処理基板12の周囲に対称的に配設されるのが好ましい。

【0063】かかる構成では、前記マイクロ波透過窓1

4Qの下面は軸対称な凹面を形成し、前記下面と被処理基板12の表面との間の間隔Dは、被処理基板12の周辺部に向かって減少する。このため、図8の構成においては前記被処理基板12の周辺部におけるプラズマ密度の低下が補償され、プラズマが安定に維持され、被処理基板12周辺部におけるプラズマの消滅やマイクロ波による基板の損傷、あるいは処理速度の低下などの問題を回避することができる。

【0064】図8のプラズマ処理装置10Dでは、特に被処理基板12の酸化処理や窒化処理、酸窒化処理などを、前記被処理基板が大口径基板であっても、低温で、効率的に、しかも均一に、安い費用で行うことが可能である。特にプラズマガスを導入するための構成が簡素化され、費用の低減に寄与する。

【0065】本実施例のプラズマ透過窓においても、図4に示した様々な凹面を使うことができる。

【第6実施例】図9は、本発明の第6実施例によるプラズマ処理装置10Eの構成を示す。ただし図9中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0066】図9を参照するに、本実施例のプラズマ処理装置10Eは先のプラズマ処理装置10Dと類似した構成を有するが、前記処理ガス供給構造31が撤去されている。

【0067】かかる構成によれば、前記プラズマガス導入管11PよりKrやArなどの不活性ガスとO<sub>2</sub>ガスなどの酸化性ガスあるいはNH<sub>3</sub>ガスあるいはN<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>の混合ガスなど窒化性ガスを供給することにより、前記被処理基板12の表面に高品質の酸化膜や窒化膜、あるいは酸窒化膜を、低温で効率よく形成することが可能になる。

【0068】その際、本実施例では前記マイクロ波透過窓14Qの下面と被処理基板12との間の間隔Dが前記被処理基板12の周辺部において減少しているため、前記被処理基板12周辺部において十分なプラズマ密度が確保され、前記被処理基板12の処理が、均一に行われる。

【0069】本実施例のマイクロ波窓14Qにおいても、図4に示した様々な凹面を使うことができる。

【第7実施例】図10は、本発明の第7実施例によるプラズマ処理装置10Fの構成を示す。ただし図10中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0070】図10を参照するに、本実施例では前記誘電体窓14Qの代わりに一様な厚さの誘電体窓14Q'により構成されている。

【0071】かかる誘電体窓14Q'では、凹面を形成する下面に対応して、上面が凸面を形成する。そこで図10のプラズマ処理装置10では、平坦な前記ラジアルラインスロットアンテナ20の代わりに前記凹面に対応

した凹面を有するラジアルラインスロットアンテナ20'を使う。すなわち、前記ラジアルラインスロットアンテナ20'は凹面を形成するスロット板16'を有し、前記スロット板16'上には凹面を形成するアンテナ本体17'が、間に湾曲した連板18'を介して装着されている。

【0072】かかる構成のプラズマ処理装置10Fにおいても、前記被処理基板12の周辺部におけるプラズマ密度の低下を補償でき、前記処理ガス供給部31より様々な処理ガスを供給することにより、被処理基板12の全面にわたり、酸化や鹽化、酸鹽化、さらに様々な層の堆積およびエッチングなど、様々なプラズマ処理を、均一に、かつ安定に行うことが可能になる。

【第8実施例】図11は、本発明の第8実施例によるプラズマ処理装置10Gの構成を示す。ただし図11中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0073】図11を参照するに、本実施例のプラズマ処理装置10Gは先の実施例のプラズマ処理装置10Fと同様な構成を有するが、本実施例では前記処理ガス供給部31が撤去されている。

【0074】かかる構成のプラズマ処理装置10Gにおいても、前記被処理基板12の周辺部におけるプラズマ密度の低下を補償でき、被処理基板12の全面にわたり、酸化や鹽化、酸鹽化などの均一なプラズマ処理を安定に行うことが可能になる。

【0075】本発明は上記特定の実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した本発明の要旨内において様々な変形・変更が可能である。

【0076】

【発明の効果】本発明によれば、被処理基板の周辺部におけるプラズマ密度の低下を補償でき、低圧処理においてもプラズマが維持され、安定なプラズマ処理が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(A)、(B)は、従来のラジアルラインスロットアンテナを使ったマイクロ波プラズマ処理装置の構成を示す図である。

【図2】(A)、(B)は、本発明の第1実施例によるプラズマ処理装置の構成を示す図である。

【図3】図2(A)、(B)のプラズマ処理装置で使われる処理ガス供給構造の構成を示す底面図である。

【図4】図2(A)、(B)のプラズマ処理装置の様々な変形例を示す図である。

【図5】本発明の第2実施例によるプラズマ処理装置の構成を示す図である。

【図6】本発明の第3実施例によるプラズマ処理装置の

構成を示す図である。

【図7】本発明の第4実施例によるプラズマ処理装置の構成を示す図である。

【図8】本発明の第5実施例によるプラズマ処理装置の構成を示す図である。

【図9】本発明の第6実施例によるプラズマ処理装置の構成を示す図である。

【図10】本発明の第7実施例によるプラズマ処理装置の構成を示す図である。

10 【図11】本発明の第8実施例によるプラズマ処理装置の構成を示す図である。

【符号の説明】

10, 10A~10G, 100 プラズマ処理装置

11 処理容器

11a 排気ポート

11b 張り出し部

11p プラズマガス供給ポート

11r 処理ガス供給ポート

11A, 11B, 11C 空間

20 11G 減圧およびHe供給ポート

11P プラズマガス導入口

12 被処理基板

13 保持台

13A 高周波電源

14 シャワープレート

14P 多孔質シャワープレート

14A プラズマガスノズル開口部

14B, 14C プラズマガス通路

14Q, 14Q' マイクロ波透過窓

30 15 カバープレート

16, 16' スロット板

16a, 16b スロット開口部

17, 17' アンテナ本体

18, 18' 連板

18A, 18B リング状部材

19 冷却ブロック

19A 冷却水通路

20, 20' ラジアルラインアンテナ

21 同軸導波管

40 21A 外側導波管

21B 内側給電線

31 処理ガス供給構造

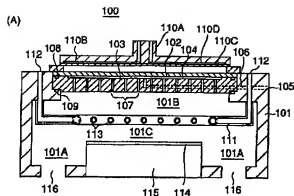
31A 処理ガス通路

31B 処理ガスノズル

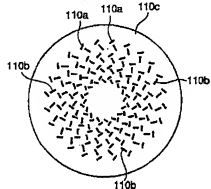
31C プラズマ拡散通路

31R 処理ガス供給ポート

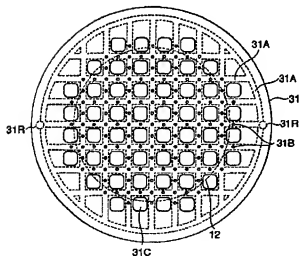
【図1】



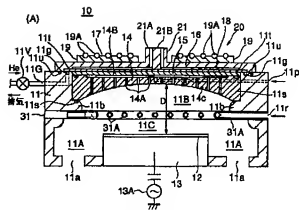
(B)



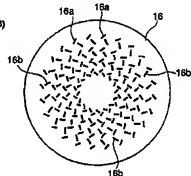
【図3】



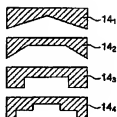
【図2】



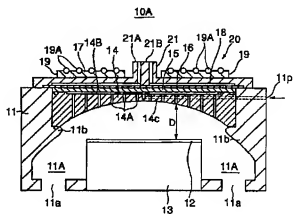
(B)



【図4】

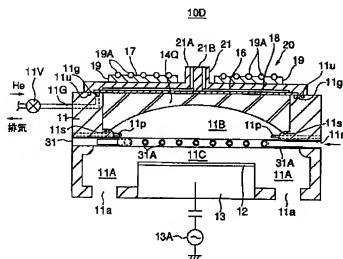


【図5】

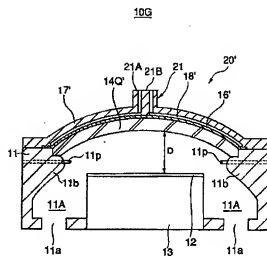




【図 8】



【図 11】



フロントページの続き

- (72) 発明者 平山 昌樹  
宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 東北大学  
内
- (72) 発明者 須川 成利  
宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 東北大学  
内
- (72) 発明者 後藤 哲也  
宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 東北大学  
内

F ターム (参考) 4G075 AA24 AA42 BC04 BC06 BD14  
CA26 CA47 CA63 CA65 DA02  
EA06 EB01 EC01 EC13 EC30  
EE01 FB02 FB04 FC01  
4K030 BA38 BA42 EA05 FA01 JA03  
KA30 KA46 LA18  
5F004 AA01 BA20 BB11 BB14 BB18  
BB28 BC08 BD04 DA00 DA01  
DA02 DA03 DA04 DA05 DA11  
DA12 DA13 DA14 DA15 DA16  
DA17 DA18 DA19 DA20 DA29  
5F045 AA09 AB32 AB33 AB34 AE23  
AE25 BB02 DP03 D010 EF04  
EF05 EH02 EH03